玉米收穫時不同葉位反射光譜差異之初探

◎農試所農藝系　夏可強[1]　楊純明

本項研究報告旨在初探玉米臺農三號收穫時不同葉位反射光譜曲線之差異，以瞭解不同老化程度對葉片反射光譜之影響，並以評估利用反射光譜鑑識葉片老化行爲之可行性。根據初步試驗結果，葉齡較老之下位葉反射光譜曲線有低於葉齡較輕之上位葉反射光譜曲線的趨勢，尤以最下位老葉呈現明顯差異。顯見葉齡高低可由反射光譜曲線予以判別，而外觀呈現清晰老化徵狀之下位葉片反射比顯著低於年輕之上位葉片者。再經深入分析反射光譜曲線，發現玉米葉片反射光譜曲線之不同波段對老化的反應不一，以740-1800　nm波長範圍出現較明顯的葉齡落差，即老化程度愈高反射比值愈低。又由740-1129　nm波段反射比平均值比較，更顯示出隨著葉齡增加而下降的趨勢；此外，875 nm、1129 nm及1797 nm等單一波長的反射比值，亦有類似遞減情形。上述結果，說明了玉米葉片的反射光譜確會因爲年齡的不同而有差異，具有利用於鑑識老化行爲的可行性。

一、前　言

全球玉米年總產量約四億餘公噸，僅次於小麥，爲第二重要穀類作物。臺灣飼料用玉米年產約28萬公噸，食用玉米亦達11萬公噸，乃最主要之雜糧作物。玉米可分別作爲人類主食、畜牧飼料、工業原料及種子等多元用途，中國北方所稱的『窩窩頭』就是著名玉米產品之一例。玉米也是先進國家和我國最大宗畜牧養殖之主要飼料，近年來隨著國內畜牧產業的快速發展，每年皆須由國外進口約435萬噸，價值高達150餘億元。在工業上玉米可加工製成玉米澱粉、玉米油、酒精、溶劑、去污劑等，其穗軸可研製成添加物及肥料等，由此可知玉米用途的多元性。

臺灣農業的未來發展將朝著精緻農業、精準農業、休閑農業、及永續農業等大方向進行，注重產業的多樣性及產銷均衡。依照此一農業情境發展，將需要再提升農業生產技術，並採取適當的生產管理工具精確的掌握與監測產業的生產過程。以農作物生產而言，即需要全程掌控農作物生育狀況，施予

1 國立中興大學植物病理系二年級學生，2000年7月3日至8月3日在行政院農業委員會農業試驗所農藝系作物逆境研究室實習，本文爲其實習成果報告。

作者：楊副研究員純明
聯絡電話：04-3302301轉135

精準的管理，才能由「生產規畫」晉升至「規劃生產」層次。其中，遙測科技結合生產知識與技術是一種有用有效且可行的生產管理方式，非僅能夠精確的監測大面積農作物生長狀態，亦能提供及時而精準的現況資訊，而給予最適切的因應管理措施。如此一來，農作物生產系統將可兼具預警及預測雙重功能，從質與量上全面的追蹤與管理，這也是所謂『精準農業』的精髓所在。

當農作物外觀物理徵狀因生育進展、病蟲源感染或環境變異而改變時，除了肉眼辨識之外，亦能利用感測元件予以遙感探測，獲得確實且客觀的現況資訊。舉例來說，農作物自種子發芽、植株生長、開花結實、至成熟老化等各階段，外觀徵狀反應出生理、生化及形態上的綜合結果而顯示多樣多彩的變化；當農作物受到病、蟲侵害後，體表可能出現受害引起的斑點線條等異常外觀；由於缺水或土壤營養元素缺乏，農作物植株可能呈現萎凋枯黃等徵狀。這些外觀徵狀的改變將影響農作物的光學特性，使得其反射光譜展現各種變化，出現不同的光譜特徵。吾人即可利用此一光譜特徵差異，判別農作物的生育進展，監測病蟲危害，以及鑑識環境變異。

本項試驗乃在偵測兩不等株齡之玉米植株不同葉位上葉片反射光譜，分析光譜曲線及光譜特徵，藉以探討老化效應對光譜之影響，本文並將討論以反射光譜鑑識葉齡之可行性。

二、試驗方法摘要說明

在位於臺中縣霧峰鄉行政院農業委員會農業試驗所農場一玉米田內，於收穫前選取飼料玉米臺農三號(*Zea mays* L. cv. Tainung 3)不等株齡植株兩株，植株B老化程度高於植株A。植株A有七片葉，最上位三片葉外觀正常，自第四位起出現不等老化程度，尤以第七位葉片爲然；植株B有五片葉，自第二位葉起出現不等老化程度，其中第四及第五葉位有高枯黃百分比。惟植株A之第六位葉及植株B之第五位葉因故資料無法讀取，未列入光譜資料分析。

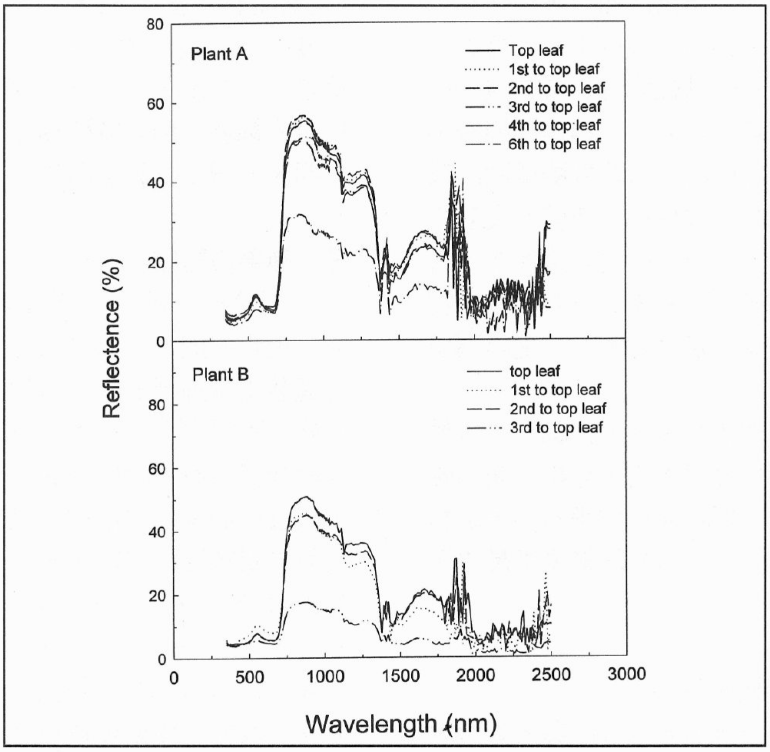
葉片反射光譜之偵測係以輻射光譜儀(model GER-2600, GER Corp., New York, USA)爲之，波長範圍350-2500 nm，量測葉片之反射光輻射。該輻射光譜儀以標準白版所量測之反射光輻射爲參考值，於量測每一葉片之前量測之，以計算葉片之反射比光譜(簡稱反射光譜)。輻射光譜儀之感測鏡頭爲10度FOV(field-of-view)，水平置於固定葉片垂直上方約0.2 m處偵測不同葉位之葉片反射光輻射。偵測時間爲上午10:30至11:30之間，並避免陰影之影響。

三、結果與討論

由於植物葉片光學性質係由其化學成分、色素組成及組織結構等共同決定，因此將隨著生育進展而異，也視葉片老化程度而改變，可以預期不同葉位(葉齡)的玉米葉片反射光譜將有不等的差異。圖一係各葉片在不同波長的反射比曲線，呈現典型綠色植物反射光譜圖形，在紫外光(350-400 nm)及可見光(400-740 nm)波段具有低反射比，在近紅外光(740-1300 nm)及短波紅外光(1300-2500 nm)波段則具有較高反射比。短波長而高能的紫外光極易穿透葉片，也被葉片色素及組織吸收，故反射比甚低；可見光的能量

適中，恰爲綠色植物色素(如葉綠素a、葉綠素b、胡蘿蔔素等)的主要吸收波長，有極高的吸收比；長波長而低能量的近紅外光及短波紅外光無法利用於光合作用，僅參與植體熱能交換，並因細胞與組織結構而有較高反射比。由圖一顯示，反射光譜曲線有隨著葉位下降(即葉齡增加)而遞減的趨勢，尤其已出現明顯枯黃與褐斑的老化葉片爲然。在株齡較小的A植株，自第四位葉起有較顯著的老化徵狀，特別是最下位葉(第七位葉)更有低於30%的綠色面積；株齡較大的植株B僅餘五片葉，自第四位葉起有明顯老化徵狀。顯然的，葉片反射光譜曲線可以反應出葉片老化現象，當葉片出現諸如褐斑或黃化等老化跡象時，反射光譜曲線將有顯著差異。

經進一步分析光譜特徵後，發現由740-1129 nm波段反射比累計值(資料未列出)或平均值，均可以顯示葉位上的差異。在單一波長反射比方面，875、1129、及1797 nm等三波長之反射比亦有類似葉位上的遞減趨勢。由於植株B在相同葉位之反射比皆低於植株A者，且植株B同葉位的葉片均較老，顯見植株B老化程度高於植株A。因此，利用上述波段及三條單一波長之反射比，吾人可以陳列葉片年齡由年輕到老所表現出來反射比由高到低的現象。惟尚未出現較明顯老化徵狀之相當年齡上位葉片，其光學性質尚未顯著改變而未有明顯反射比差異，故不易由此辨識。玉米植株由發芽、成長、抽穗、吐絲、成熟至老化將經過許多生育階段，可預

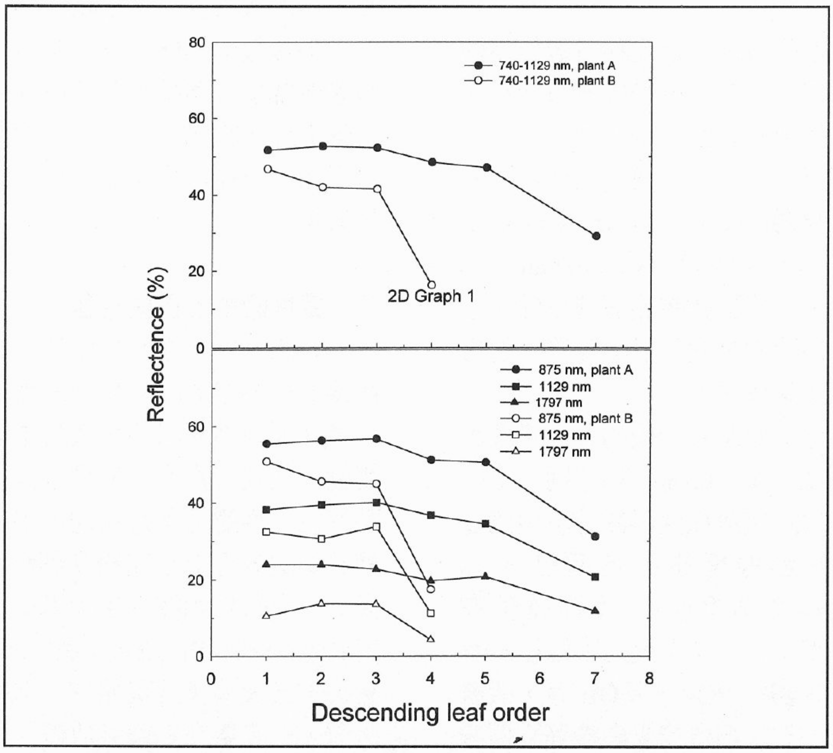


圖一、收穫時玉米植株不同葉位之葉片反射光譜曲線(350-2500nm)

見個別葉片反射光譜將隨著葉齡增加而改變，同時不同株齡葉片亦可能具有不等的反射光譜，究竟反射光譜在葉齡之間及株齡之間有何異同，則仍待進一步探討。若能建立葉片全生育期間光譜資料庫，不僅將有助於瞭解老化對葉片光學性質的影響，更能利用於諸如生育階段區分、生長管理、作物類別及品種鑑別等多樣用途。

四、結　語

根據本項試驗結果，葉片反射光譜將可利用於老化現象的鑑識及葉齡與株齡的判別，無論從光譜曲線或光譜特徵均可呈現老化程度的差異。此一結果在田間大面積的作物植被上，或可延廣利用於生育進展的追蹤及生長良窳的監測。當偵測作物植被出現異常老化現象時，即可深入去探求異常原因，是病蟲害感染、是缺水引起、抑或是缺乏養分造成……等，儘速而及時解決問題。本人由此試驗獲得許多寶貴經驗，也深深了解到自然的奧妙。自然界物質的不同，不僅止於化學組成分，物理性質及對於物理性的刺激反應與表現也有所不同。身爲植病系的學生，兩年來本科系相關所學之中，對於病蟲害的鑑定都是以顯微鏡爲主，再加以生物化學的方式爲輔，從未想過以物理的光譜來做鑑定與判識。雖然其準確性有一定的範圍與限制，但是卻有低污染、快速和時效的諸多優點，眞是不經一事不長一智。



圖二、收穫時玉米植株不同葉位之葉片反射光譜曲線波段740-1129nm平均反射比及單一波長875、1129及1797nm反射比